

### **Отзыв официального оппонента**

на диссертационную работу Максютин Андрея Сергеевича  
«Комплекс моделирования работы распределенных бортовых систем при  
создании перспективных автоматических космических аппаратов»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка  
информации, статистика»

#### **Актуальность исследования**

Интеграция технологии SpaceWire на перспективные отечественные космические аппараты обуславливает необходимость разработки испытательной базы, позволяющей отрабатывать различные технические решения, связанные с использованием данной технологии: новые структурные решения, прикладные и транспортные протоколы, механизмы обеспечения надежной и своевременной доставки данных и др. На практике при решении подобных задач широко применяются различные виды моделирования, реализуемые с помощью различных аппаратных и программных средств.

В условиях жестких требований на своевременность и достоверность доставки информации и высокой сложности технологии SpaceWire разработка комплекса моделирования информационного взаимодействия бортовой аппаратуры из состава отечественных космических аппаратов (КА), является актуальной научно-технической задачей.

#### **Соответствие паспорту специальности.**

Представленная к оппонированию диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»: п. 4 – «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта»; п. 17 – «Прикладные статистические исследования, направленные на выявление, измерение, анализ, прогнозирование, моделирование складывающейся

конъюнктуры и разработки перспективных вариантов развития сложных систем».

### **Содержание диссертационной работы**

Основной текст диссертационной работы изложен на 153 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 107 наименований. Дополнительно приводятся приложения.

*Во введении* обоснована актуальность исследования, сформулированы цель и задачи, определена научная новизна, выделена теоретическая и практическая значимость работы, указаны методы исследования, представлены положения, выносимые на защиту, обоснована степень достоверности и перечислены результаты апробации.

*В первой главе* представлена общая информация о технологии SpaceWire и определяется необходимость разработки комплекса моделирования, обеспечивающего поддержку на этапах планирования и проектирования систем на базе SpaceWire и учитывающего особенности передачи данных в составе бортовой аппаратуры отечественных космических аппаратов. Формулируются ключевые требования к комплексу моделирования.

*Во второй главе* рассматриваются существующие технические решения в области имитационного и аппаратно-программного моделирования, применяемые в процессе создания систем на базе SpaceWire. В ходе анализа соответствия данных решений требованиям, сформулированным в первой главе, выявлено, что ни одно из них в полной мере не соответствует им. В связи с этим автором обоснованно формулируется задача по разработке нового комплекса моделирования, учитывающего недостатки существующих аналогов.

*В третьей главе* сформирована структура нового комплекса моделирования. Представлены разработанные алгоритмы работы комплекса моделирования, обеспечивающие его функционирование в соответствии с сформулированными требованиями. Наиболее значимые результаты, полученные в третьей главе: алгоритм передачи данных из состава взаимосвязанных информационных потоков, алгоритм оценки искажений в

передаваемых данных, а также методика исследования зависимости характеристик информационных потоков от различных воздействующих факторов.

*В четвертой главе* представлено моделирование и экспериментальная отработка на основе разработанного комплекса моделирования. Определены преимущества применения разработанных алгоритмов, а также проведена проверка адекватности работы полученных результатов моделирования с путем сравнения с результатами аналогов.

*В заключении* сформулированы основные результаты диссертационной работы.

#### **Научная новизна исследования**

Автором получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

1. Разработан новый алгоритм передачи данных из состава взаимосвязанных информационных потоков для применения в процессе моделирования работы систем на базе SpaceWire, позволяющий решать задачу по обработке информации о функционировании бортовой аппаратуры отечественных КА, отличающийся от известных возможностью установки относительных задержек и блокировок передачи данных из состава каждого информационного потока, обладающего взаимосвязью с прочими информационными потоками, а также возможностью повторной передачи данных из состава групп взаимосвязанных информационных потоков с конфигурацией таймера повтора и максимального числа передач.

2. Разработан новый алгоритм оценки искажений в передаваемых данных для применения в процессе моделирования работы систем на базе SpaceWire, позволяющий решать задачу по обработке информации об условиях функционирования распределенных бортовых систем КА в отношении воздействия заряженных частиц космического пространства на передаваемые данные, отличающийся от известных возможностью учета маршрута следования данных, состоящего из элементов, обладающих разной устойчивостью к влиянию различных типов заряженных частиц.

3. Разработана новая методика исследования зависимости характеристик информационных потоков от различных факторов в системах на базе SpaceWire, предназначенная для проведения прикладных статистических исследований, направленных на анализ функционирования данных систем в условиях изменения параметров информационного взаимодействия, отличающаяся от известных возможностью проведения ряда итераций моделирования с последующей обработкой результатов с помощью метода корреляционно-регрессионного анализа.

**Практическая значимость результатов исследования.**

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке комплекса моделирования, областью применения которого являются задачи планирования, проектирование, разработки и испытания распределенных бортовых систем на базе технологии SpaceWire на предприятиях космической отрасли.

**Достоверность полученных результатов.**

Достоверность полученных результатов подтверждается непротиворечивостью результатов экспериментальной отработки разработанной системы моделирования с известными результатами, сходимостью между результатами, полученными при применении разработанной системы моделирования и известных аналогов.

Результаты, полученные в процессе проведения исследования опубликованы в 12 печатных работах, в том числе 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 6 – в сборниках материалов научных конференций.

Основное содержание диссертации и ее научные положения достаточно полно изложены в публикациях автора.

**Замечания по диссертационной работе:**

1. В разделе 1.3.2. автор самостоятельно формирует «Определение значений характеристик информационных потоков» при этом не учитывает наличие отечественных и зарубежных нормативных документов, в которых

сформирован перечень требований сетевым показателям качества услуг при передаче данных (например: ITU-T Y.1541, ГОСТ Р 53728-2009 и др)

2. Автор провел в разделе 2.1 подробный анализ программных средств моделирования (втч Simulator for High-speed Networks (SHINe) основе симулятора OMNeT++), однако автор рассматривает их как законченные средства моделирования без возможности их модификации. В то время как решения на базе платформы OMNeT++ можно развивать и совершенствовать включая существующие и библиотечные решения.

3. В разделе 3.2.1.2 автор делает предположение, что поток команд управления характеризуется «как простейший или стационарный пуассоновский процесс, для которого число возникающих запросов в единицу времени соответствует распределению Пуассона», при этом не приводит обоснований этому допущению из статистики наблюдений за работой систем управления КА.

4. В диссертации автор распределяет первый и второй результат на вторую и четвертую главу со ссылками на таблицу 7 из четвертой главы, что существенно затрудняет изучение полученных результатов, однако не приводит к потере их целостности.

5. В таблицах 24-27 используется характеристика «Вероятность доставки данных без искажений» и в этой же строке присутствует параметр « $\rho_{xy}$ » с отрицательным значением и без указания, что это за параметр. Даже если это значение корреляции, некорректно указывать его в данной строке.

6. По результатам моделирования, представленным на рис. 45-49 даны очень скромные выводы. Хотелось бы увидеть расширенные выводы, которые бы определяли требования или рекомендации к сетям SpaceWire на борту КА относительно задаваемых информационных потоков, что отражало бы поставленную автором цель диссертации.

### **Заключение**

Представленные недостатки не снижают общего качества работы и не влияют на конечные полученные результаты исследования. Диссертация

Максютина Андрея Сергеевича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой достигнуты важные научные и практические результаты.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а ее автор, Максютин Андрей Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ:**

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электрическая связь», факультет «Автоматизация и интеллектуальные технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Андрей Константинович Канаев

«01» 04 2026 г.

Подпись А.К. Канаева заверяю